

D2

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : 2 681 384  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : 92 10314

(51) Int Cl<sup>8</sup> : F 04 D 13/08

(12)

# DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 27.08.92.

(30) Priorité : 12.09.91 JP 26116591.

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 19.03.93 Bulletin 93/11.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : Le rapport de recherche n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : DORYOKURO KAKUNENRYO  
KAIHATSU JIGYODAN — JP.

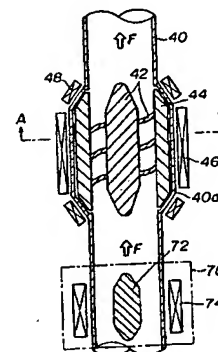
(72) Inventeur(s) : Nakamoto Koichiro.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet Bonnet Thirion.

(54) Pompe hybride.

(57) Pompe hybride comprenant un conduit (40) dans le-  
quel un liquide peut circuler, une hélice (42) supportée à  
rotation par un palier magnétique (48) dans le conduit (40),  
un rotor (44) fixé à l'hélice (42) et tournant d'un seul tenant  
avec elle, et un système de bobine de stator (46) installé à  
l'extérieur du conduit (40). L'hélice (42) est tournée par une  
interaction électromagnétique entre le rotor (44) et le sys-  
tème de bobine de stator (46) pour entraîner le liquide dans  
le conduit (40). Cette pompe présente une caractéristique  
de pompe mécanique qui entraîne le liquide par la rotation  
de l'hélice et une caractéristique de pompe électromagnéti-  
que qui entraîne le liquide sans avoir de niveau de liquide  
par montage du système de bobine de stator à l'extérieur  
du conduit. C'est la raison pour laquelle elle est appelée  
pompe hybride.



FR 2 681 384 - A1



# "POMPE HYBRIDE"

La présente invention concerne une pompe pour entraîner un liquide et plus particulièrement une pompe dans laquelle une hélice dans le liquide est entraînée électromagnétiquement depuis l'extérieur d'un conduit. Cette pompe est adaptée à être utilisée comme pompe de circulation principale pour un réacteur nucléaire utilisant du sodium liquide comme réfrigérant, mais n'est pas particulièrement limitée à cette application.

La description qui suit prend pour exemple une pompe de circulation principale pour un réacteur rapide utilisant du sodium liquide comme réfrigérant. Ce type de pompe utilise généralement un système centrifuge mécanique et comporte une structure longue verticalement, comme représenté sur la figure 5. Un arbre de pompe 12 est inséré depuis le dessus dans un boîtier cylindrique 10 long verticalement et supporté à rotation par un palier supérieur 14 et un palier hydrostatique à sodium 16. L'extrémité inférieure de l'arbre de pompe 12 est pourvue d'une hélice 18. Le boîtier 10 comporte une buse d'aspiration 20 à son extrémité inférieure et une buse de distribution 22 sur son côté inférieur. Un moteur 24 installé à la partie supérieure du boîtier 10 tourne l'arbre de pompe 12 par l'intermédiaire d'un mécanisme de train réducteur 26 pour entraîner l'hélice 18 à l'extrémité inférieure du boîtier, distribuant le sodium liquide par force centrifuge.

La pompe mécanique pour sodium liquide comme représenté sur la figure 5 doit comporter un mécanisme d'étanchéité d'arbre spécial 28 pour empêcher un contact entre le gaz de couverture de sodium et l'air libre. Elle nécessite également un niveau de liquide libre L, une colonne de trop-plein et un équipement de gaz de couverture (la buse de trop-plein est indiquée en 30). Le palier hydrostatique à sodium 16 est situé profondément au-dessous du niveau de liquide de sodium L de manière à ne pas être exposé même en

cas de fuite de sodium. Dans la partie supérieure du boîtier 10 se trouvent un bouclier de rayonnement 32 et une plaque d'isolation thermique 34.

5. Ainsi, la pompe mécanique classique pour sodium liquide a pour inconvénient d'avoir une structure longue, lourde, complexe et coûteuse. Cette pompe mécanique lourde, grande, doit donc être installée en tant que structure fixe dans la centrale à réacteur rapide. Pour réduire les contraintes thermiques, la tuyauterie est complexe et longue.  
10 Pour augmenter le débit de la pompe les deux mesures suivantes peuvent être prises : (1) le diamètre de l'hélice est augmenté; et (2) la vitesse de rotation est accrue. Dans le premier cas, la dimension de la pompe ainsi que la vitesse circonférentielle de l'hélice se trouvent augmentées tandis que dans le second cas la vitesse critique de  
15 l'arbre de la pompe et l'empêchement de cavitation se trouvent limités.

Une pompe électromagnétique, qui peut entraîner le sodium, n'a pas de niveau de liquide, n'a donc pas les  
20 inconvénients de la pompe mécanique précitée, mais en revanche l'efficacité d'une telle pompe n'est que de 15 à 40 %, ce qui est très inférieur aux 75 % environ de la pompe mécanique. Par conséquent, lorsqu'une pompe électromagnétique est utilisée comme pompe de circulation principale, sa faible efficacité  
25 est notamment un inconvénient majeur qui empêche de l'employer comme pompe de circulation principale pour un réacteur rapide refroidi au sodium à grande échelle de plus grande taille que la catégorie des prototypes, sauf dans le cas d'un petit réacteur au stade expérimental.

30 La présente invention a pour objet de proposer une pompe simple, légère et petite, qui pallie les inconvénients précités de la technique classique, et qui présente une grande efficacité et pas de niveau de liquide.

35 Selon la présente invention, est proposée une pompe hybride comprenant : un conduit dans lequel un liquide peut circuler; une hélice supportée à rotation dans le conduit;

un rotor fixé à l'hélice et tournant d'un seul tenant avec celle-ci; et un système de bobine de stator installé à l'extérieur du conduit; de manière que l'hélice soit tournée par interaction électromagnétique entre le rotor et la bobine de stator. Cette pompe présente une caractéristique de la pompe mécanique qui entraîne le liquide par la rotation de l'hélice et une caractéristique de la pompe électromagnétique qui entraîne le liquide sans avoir de niveau de liquide par montage du système de bobine de stator à l'extérieur du conduit. C'est la raison pour laquelle elle est appelée pompe hybride. L'hélice et le rotor sont de préférence supportés par des paliers magnétiques.

Comme systèmes concrets pour faire tourner le rotor et l'hélice, sont prévus un système de moteur à induction et un système de moteur synchrone à aimants permanents. Le premier système comporte un rotor fait d'un matériau conducteur. Le champ magnétique rotatif à courant alternatif créé par le système de bobine de stator produit un courant induit dans le rotor, et l'interaction entre le courant induit et le champ magnétique créé par le système de bobine de stator provoque la rotation de l'hélice. Dans le second système, le rotor consiste en une pluralité d'aimants permanents disposés dans une direction circonférentielle. L'hélice est tournée par attraction ou répulsion entre les aimants et le champ magnétique rotatif créé par le système de bobine de stator.

Il est efficace de doter en outre le conduit sur le côté d'aspiration de la pompe d'une pompe électromagnétique du type à induction avec une petite tête comme inducteur.

L'hélice dans le conduit est tournée par l'interaction électromagnétique entre le rotor et le système de bobine de stator à l'extérieur du conduit pour appliquer une force d'entraînement d'une certaine direction sur le liquide dans le conduit. Le principe d'entraînement est identique à celui du moteur à induction ou du moteur synchrone à aimants permanents. Ainsi, une pompe ne comportant pas de niveau de

liquide peut être réalisée. Etant donné que la force d'entraînement du liquide est donnée par l'hélice, l'efficacité de la pompe est élevée, comme celle de la pompe mécanique classique.

5 La pompe électromagnétique du type à induction servant d'inducteur pour le conduit sur le côté d'aspiration de la pompe a pour fonction d'empêcher la cavitation à la portion d'aspiration de l'hélice, permettant un débit de distribution élevé à forte vitesse de rotation.

10 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante de modes de réalisation préférés de la présente invention, référence étant faite aux dessins annexés, sur lesquels :

15 La figure 1 est une coupe transversale verticale d'une pompe hybride selon un mode de réalisation de la présente invention;

La figure 2 est une coupe transversale prise le long de la ligne A-A de la figure 1;

20 La figure 3 est une coupe transversale verticale illustrant un autre mode de réalisation de la pompe hybride selon la présente invention;

La figure 4 est une coupe transversale verticale illustrant encore un autre mode de réalisation de la pompe hybride selon la présente invention; et

25 La figure 5 est une coupe transversale verticale illustrant une pompe mécanique classique.

La figure 1 est une coupe transversale verticale d'une pompe hybride selon un mode de réalisation de la présente invention et la figure 2 est une coupe transversale prise le long de la ligne A-A de la figure 1. La pompe hybride comprend une hélice 42 supportée à rotation dans un conduit 40, un rotor 44 fixé à l'hélice 42, et un système de bobine de stator 46 installé à l'extérieur du conduit 40. Le conduit 40 est élargi à la portion de pompe, où le rotor cylindrique 44 est installé dans une portion de plus grand

30

35

diamètre 40a. Le rotor 44 est fait d'un matériau conducteur, par exemple de cuivre ou d'aluminium ajouté, comme il se doit, à un coeur en fer. Dans le cas de sodium liquide, cependant, le rotor est recouvert d'acier inoxydable ou d' "Inconel" pour résister à la corrosion. Un corps combinant et intégrant l'hélice 42 et le rotor 44 est supporté par un palier magnétique 48. Etant donné que le conduit 40 se trouve toujours entre le rotor 44 dans le liquide et le système de bobine de stator 46 dans l'atmosphère extérieure, de manière à isoler le liquide de l'atmosphère extérieure, les espaces entre le rotor 44 et la paroi du conduit sont conçus pour être les plus petits possibles.

Le champ magnétique rotatif créé par le courant alternatif circulant dans le système de bobine de stator 46 provoque la rotation du rotor conducteur 44 par le principe connu du moteur à induction. Comme le rotor 44 est d'un seul tenant avec l'hélice 42, le liquide est entraîné dans la direction axiale (dans la direction de la flèche F) lorsque le rotor 44 tourne. Le courant alternatif circulant dans le système de bobine de stator 46 peut avoir son intensité et sa fréquence facilement modifiées par commande par thyristor, de manière que la vitesse de rotation de la pompe puisse être librement changée en modifiant le courant de la bobine de stator.

Dans un autre exemple de pompe hybride, le rotor peut consister en une pluralité d'aimants permanents disposés dans une direction circonférentielle de manière que l'hélice soit tournée par attraction ou répulsion par le champ magnétique rotatif (c'est-à-dire le champ magnétique se déplaçant circonférentiellement) créé par le système de bobine de stator. Cette fonction est équivalente à celle d'un type de moteur synchrone à aimants permanents. Le principe d'entraînement du liquide est similaire à celui du mode de réalisation précédent, excepté pour le principe de rotation du rotor.

La pompe hybride illustrée sur la figure 1 est du type à flux axial. La présente invention, cependant, n'est pas limitée à ce type seul, comme expliqué ci-dessous. Tandis que dans le présent mode de réalisation la direction d'écoulement du liquide est ascendante verticalement, elle peut être descendante verticalement. Il est également possible de disposer la pompe horizontalement.

Etant donné que la pompe hybride de la présente invention ne nécessite pas de long arbre de pompe, le poids de la portion rotative est diminué, permettant une rotation à grande vitesse. Comme la forme géométrique du passage d'écoulement à la portion d'aspiration est simple, une cavitation se forme difficilement. Bien que le palier hydrostatique généralement utilisé pour la pompe mécanique classique puisse être employé, le palier magnétique qui est activé par une partie du courant de la bobine de stator est le mieux approprié. Le palier magnétique peut être du type à répulsion ou du type à attraction, et un type combinant les deux peut également être employé.

En outre, comme représenté sur la figure 1, une pompe électromagnétique du type à induction 70 (avec une petite tête) comprenant un coeur en fer 72 dans le conduit et un système de bobine 74 à l'extérieur du conduit peut être disposée sur le conduit 40 sur le côté d'aspiration de la pompe. La pompe électromagnétique 70 sert d'inducteur et empêche la formation de cavitation à la portion d'aspiration de l'hélice, permettant d'accroître encore la vitesse de rotation de l'hélice. La pompe électromagnétique 70 peut être actionnée par une partie du courant de la bobine de stator de la pompe hybride ou par un courant provenant d'une source indépendante (non représentée).

La figure 3 illustre un autre mode de réalisation de la pompe de la présente invention, qui est du type à retour central. Un conduit 50 présente une structure à deux tuyaux consistant en un tuyau externe 50a et un tuyau interne 50b. Le tuyau externe 50a est fermé à l'extrémité supérieure et,

à l'extrémité inférieure, est relié au tuyau interne 50b. Le tuyau interne 50b est ouvert à l'extrémité supérieure. Le tuyau externe 50a comporte une buse d'aspiration 51 formée sur le côté de sa partie inférieure. Le liquide est distribué vers le bas dans le tuyau interne 50b (la direction de l'écoulement est indiquée par la flèche F). Le tuyau externe 50a est doté d'une portion de plus grand diamètre 50c, dans laquelle un rotor cylindrique 54 est monté à rotation. Le rotor 54 comporte en son sein un aimant permanent 55. Le rotor 54 comporte une hélice 52 formée d'un seul tenant avec sa circonférence interne. Un espace est ménagé entre la circonférence externe du tuyau interne 50b et l'extrémité interne de l'hélice 52. Un système de bobine de stator 56 est disposé à l'extérieur de la portion de plus grand diamètre 50c du tuyau. Le principe de rotation du rotor 54 est basé sur le système de moteur synchrone à aimants permanents. Lorsqu'un conducteur est utilisé à la place de l'aimant permanent 55, le rotor avec l'hélice peut être tourné par le système de moteur à induction. Dans les deux cas, le liquide est entraîné par la rotation de l'hélice 52 et est inversé au centre supérieur du conduit 50 pour s'écouler dans le tuyau interne 50b. La pompe du type à retour central est adaptée à permettre une dilatation thermique axiale du conduit. La direction de l'écoulement peut être l'inverse de celle indiquée ci-dessus. La pompe électromagnétique du type à induction 70, comme représenté sur la figure 1, peut être disposée à la buse d'aspiration 51 en tant qu'inducteur.

La figure 4 illustre un autre mode de réalisation de la présente invention, une pompe centrifuge du type à coude. Un conduit 60 comporte un passage d'écoulement coudé à 90°, dans lequel une buse d'aspiration 60a se projette. Au-dessus de la buse d'aspiration 60a se trouve une hélice 62, sur laquelle un rotor 64 est monté fixement. Le rotor 64 comprend une pluralité d'aimants permanents ou de conducteurs 65 disposés dans une direction circonférentielle.



L'hélice 62 et le rotor 64 sont supportés à rotation en une seule pièce par un palier magnétique (non représenté). Un système de bobine de stator 66 est disposé au-dessus du rotor 64 avec une paroi de conduit entre. Le principe de rotation du rotor 64 est basé sur le système de moteur syn-  
5 chrone à aimants permanents ou le système de moteur à induction. Le liquide est entraîné par la rotation de l'hélice 62 et est aspiré depuis la partie inférieure du conduit et distribué depuis le côté de celui-ci, comme indiqué par la flèche F.  
10

Il ressort de ce qui précède que la présente invention propose une pompe hybride ne comportant pas de niveau de liquide en son sein et d'une efficacité pratiquement égale à celle de la pompe mécanique, étant donné que l'hélice est  
15 tournée électromagnétiquement depuis l'extérieur du conduit et que la force d'entraînement du liquide est communiquée par l'hélice en rotation. La pompe hybride de la présente invention supprime un long arbre de pompe, un mécanisme d'étanchéité d'arbre, un palier supérieur, une plaque  
20 d'isolation thermique, une colonne de trop-plein, etc, nécessaires pour la pompe mécanique classique, diminuant la dimension globale et le poids de la pompe. Par exemple, l'on estime que la longueur axiale est ramenée à moins d'un cinquième environ et le poids à moins d'un dixième. En ou-  
25 tre, comme un long arbre de pompe n'est pas nécessaire, l'hélice peut être entraînée à une vitesse de rotation élevée. En conséquence, le diamètre de l'hélice peut être réduit, ce qui diminue sensiblement sa taille et son poids.

La présente invention permet également de réaliser une pom-  
30 pe de circulation principale légère, sans niveau de liquide, qui peut être supportée par flottement ou incorporée dans un échangeur de chaleur intermédiaire, rendant l'implantation des éléments d'un réacteur nucléaire très compacte. En conséquence, la taille et le coût de construction

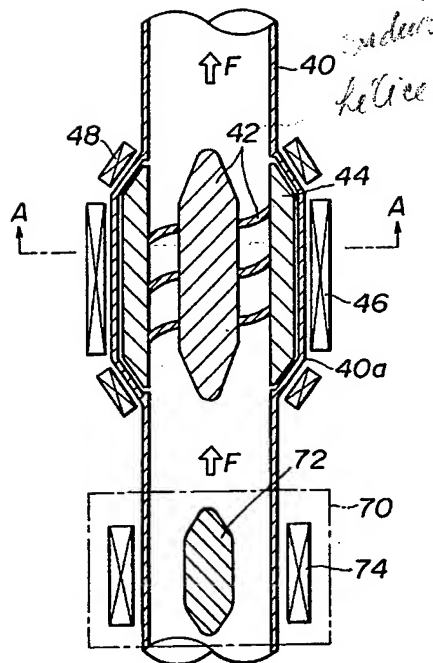
du bâtiment du réacteur nucléaire sont diminués. Etant donné que le liquide n'a pas besoin d'être conducteur, la présente invention peut être appliquée à des pompes d'entraînement de liquide non seulement pour les réacteurs refroidis au sodium mais également pour les réacteurs refroidis à l'eau légère, les systèmes de distribution et d'évacuation d'eau, et les installations chimiques.

## REVENDICATIONS

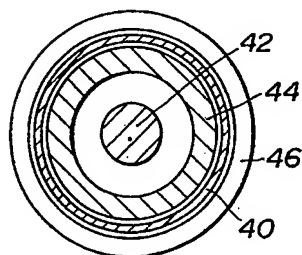
1. Pompe hybride comprenant :
  - un conduit (40,50,60) dans lequel un liquide peut circuler;
  - une hélice (42,52,62) supportée à rotation dans ledit conduit;
  - un rotor (44,54,64) fixé à l'hélice (42,52,62) et tournant d'un seul tenant avec elle; et
  - un système de bobine de stator (46,56,66) installé à l'extérieur dudit conduit (40,50,60);
  - de manière que ladite hélice (42,52,62) soit tournée par interaction électromagnétique entre ledit rotor (44,54,64) et ledit système de bobine de stator (46,56,66).
2. Pompe hybride selon la revendication 1, dans laquelle ledit rotor (44,54,64) est fait d'un matériau conducteur, un courant étant induit dans ledit rotor par un champ magnétique rotatif à courant alternatif créé par ledit système de bobine de stator (46,56,66), et l'interaction entre ledit courant induit et ledit champ magnétique créé par ledit système de bobine de stator provoquant la rotation de ladite hélice (42,52,62).
3. Pompe hybride selon la revendication 1, dans laquelle ledit rotor (64) comporte une pluralité d'aimants permanents (65) disposés dans une direction circonférentielle, et ladite hélice (62) est tournée par attraction ou répulsion par un champ magnétique rotatif créé par ledit système de bobine de stator (66).
4. Pompe hybride selon la revendication 1, dans laquelle ladite hélice (42) est supportée par un palier magnétique (48).

5. Pompe hybride selon la revendication 1, dans laquelle une pompe électromagnétique du type à inducteur (70) est disposée sur ledit conduit (40) sur le côté d'aspiration de la pompe.

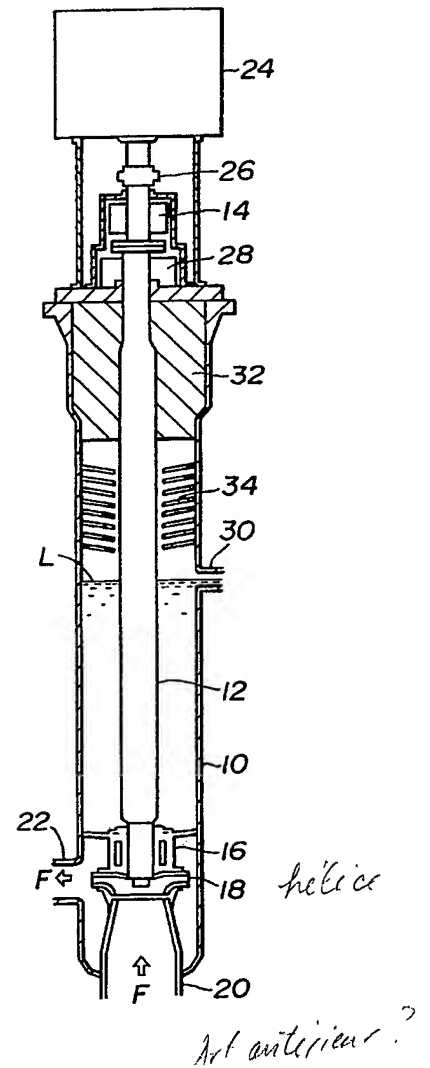
**FIG. 1**

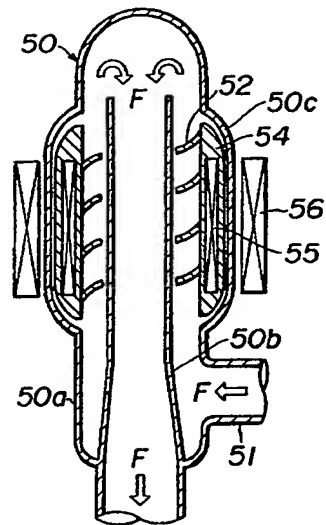


**FIG. 2**



**FIG. 5**



**FIG. 3****FIG. 4**